

## PENINGKATAN WAKTU REAKSI PADA PROSES PRODUKSI PRODUK ACRYDIC 5000X DENGAN KONSEP PDCA

<sup>1)</sup>Nur Fadilah Fatma, <sup>2)</sup>Henri Ponda, <sup>3)</sup>Muhammad Roy

Program Studi Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Tangerang

<sup>1)</sup>[nurfadilah.fatma@umt.ac.id](mailto:nurfadilah.fatma@umt.ac.id); <sup>2)</sup>[henri\\_ponda@umt.ac.id](mailto:henri_ponda@umt.ac.id)

### ABSTRACT

*PT. PJC is a manufacturing company located in the Tangerang area. This company produces Acrylic 5000X. Where in making these products the company has a savings target in terms of time and cost. To achieve this target, the company always evaluates, one of which is related to the production process, whether it has been running effectively and efficiently. The PDCA cycle is one of the concepts used to improve the process and provide solutions to improve the company's internal process standards that aim to increase productivity. This research was conducted at PT. PJC in the Lab section by analyzing effectiveness and waste in the reaction of the Acrylic 5000X production process. From the research that has been carried out, several root problems have been found and several solutions have been established to overcome the problem of ineffectiveness and waste of the reaction process of the Acrylic 5000X product. At the end of the study, it was also stated that it was successful in getting a time savings of 5-7 hours and reducing the cost of around Rp. 200,000 in the Laboratory section.*

*Keyword : Quality Control, Kaizen, PDCA, 5 Why, Continuous Improvement*

### ABSTRAK

PT. PJC merupakan perusahaan manufaktur yang berlokasi di Daerah Tangerang. Perusahaan ini memproduksi Acrylic 5000X. Dimana dalam pembuatan produk tersebut perusahaan memiliki target penghematan dari segi waktu maupun biaya. Untuk mencapai target tersebut perusahaan selalu melakukan evaluasi salah satunya terkait proses produksi apakah sudah berjalan secara efektif dan efisien. Siklus PDCA merupakan salah satu konsep yang digunakan untuk memperbaiki proses dan memberikan solusi peningkatan standar proses internal perusahaan yang bertujuan untuk meningkatkan produktifitas. Penelitian ini dilakukan pada PT. PJC di bagian *Lab* dengan menganalisa keefektifan dan pemborosan pada reaksi proses produksi Acrylic 5000X. Dari penelitian yang sudah dilakukan, ditemukan beberapa akar masalah dan sudah ditetapkan beberapa solusi untuk menanggulangi masalah ketidak efektifan dan pemborosan reaksi proses produk Acrylic 5000X. Di akhir penelitian juga disebutkan bahwa berhasil mendapatkan penghematan waktu selama 5 – 7 jam serta menurunkan biaya sekitar Rp 200,000 dibagian Laboratorium.

*Kata kunci : Pengendalian Kualitas, Kaizen, PDCA, 5 Why, Continuous Improvement*

## PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang industri manufaktur yang sangat pesat saat ini membuat para pelaku bisnis berusaha untuk terus meningkatkan pengetahuan teknologi serta memperbaiki system baik di internal maupun eksternal. Hal ini disebabkan juga oleh tingginya tingkat persaingan yang sangat ketat saat ini, Maka dibutuhkan sarana dan prasarana serta sumber daya yang kuat dan handal untuk menghadapinya.

Penerapan *kaizen* dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan-perbaikan, seperti perbaikan metode proses pembuatan produk yang dirasa kurang *effisien* dan *efektif*, baik itu di segi waktu, biaya, dan sumber daya manusianya.

Prinsip manajemen proses, sebagai salah satu pendekatan untuk manajemen industri, dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi pada pelayanan kesehatan (Visser, et al., 2001; Waring and Wainwright, 2002), meskipun mungkin penggunaannya terbatas (De Vries, et al., 1999). Siklus *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) merupakan salah satu sistem manajemen kualitas, yang dipopulerkan oleh Dr. Edwards Deming, seorang ahli manajemen kualitas dari Amerika pada tahun 1950 (Schneider, 1997). Siklus PDCA telah banyak digunakan dalam sistem manajemen kualitas, khususnya dalam meningkatkan mutu/kualitas dari suatu proses produksi.

Dari berbagai perusahaan komersil baik yang memproduksi barang atau jasa biasa akan selalu melakukan perbaikan untuk memajukan perusahaannya. Hal ini dikarenakan jika pekerjaan dilakukan dengan tidak efisien dan efektif maka perusahaan melakukan pemborosan.

PT. PJC merupakan perusahaan manufaktur yang berlokasi di Daerah Tangerang. Perusahaan ini memproduksi Acrylic 5000X. Dimana dalam pembuatan produk tersebut perusahaan memiliki target penghematan dari segi waktu maupun biaya. Untuk mencapai target tersebut perusahaan selalu melakukan evaluasi salah satunya terkait proses produksi apakah sudah berjalan secara efektif dan efisien.

### ***Kaizen***

Cane (1998) dalam Paramita (2012:4) menjelaskan dalam Bahasa Jepang, *kaizen* berarti perbaikan yang berkesinambungan (*continuous improvement*). Ciri kunci manajemen *kaizen* antara lain lebih memperhatikan proses dan bukan hasil, manajemen fungsional silang dan menggunakan lingkaran kualitas dan peralatan lain untuk mendukung peningkatan yang terus menerus. *Kaizen* merupakan sebuah manajemen kegiatan sehari-hari yang sederhana bertujuan untuk melampaui peningkatan produktifitas, juga merupakan sebuah proses apabila dilakukan dengan benar akan “memanusiawikan” tempat kerja, mengurangi beban kerja yang berlebihan, dan mengajarkan orang untuk melakukan percobaan dalam pekerjaannya dengan menggunakan metode-metode ilmiah dan bagaimana belajar mengenali serta mengurangi pemborosan dalam proses kerjanya.

### **Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas (*quality control*) menurut Dr. K. Ishikawa dalam Herawan (2011) adalah “Suatu kegiatan meneliti, mengembangkan, merancang, dan memenuhi kepuasan konsumen, memberi pelayanan yang baik dimana pelaksananya melibatkan seluruh kegiatan dalam perusahaan mulai dari pimpinan teratas sampai karyawan pelaksana.” Sedangkan menurut Vincent Gasperz dalam Ilham (2012), pengendalian kualitas adalah “Teknik dan aktivitas operasional yang digunakan untuk memenuhi standar kualitas yang diharapkan”. Diharapkan

dengan melakukan pengendalian kualitas pada proses produksi dapat menekan biaya-biaya, sehingga perusahaan dapat mereduksi biaya operasional.

Dalam pengendalian kualitas terdapat dua kelompok *tools* yang dapat digunakan untuk penyelesaian permasalahan–permasalahan yang terjadi, yaitu *QC 7 Tools* dan *New QC 7 Tools*. Kedua kelompok *tools* tersebut sangat membantu perusahaan dalam penyelesaian permasalahan yang terjadi.

### **Konsep PDCA**

Pengendalian kualitas harus dilakukan melalui proses yang terus-menerus dan berkesinambungan. Proses pengendalian kualitas tersebut dapat dilakukan salah satunya dengan melalui penerapan *PDCA* (*plan–do–check–action*) yang diperkenalkan oleh Dr. W. Edwards Deming (dalam Fakhri: 2010), seorang pakar kualitas ternama berkebangsaan Amerika Serikat, sehingga siklus ini disebut siklus deming (*Deming Cycle/ Deming Wheel*). *PDCA* sangatlah cocok untuk dipergunakan untuk skala kecil kegiatan *continues improvement* pada memperpendek siklus kerja, menghapuskan pemborosan di tempat kerja dan produktivitas. *PDCA* seringkali dipergunakan dalam kegiatan *KAIZEN* dan *DMAIC* dipergunakan pada aktivitas *LEAN SIX SIGMA*. *PDCA* sangat cocok untuk dipergunakan untuk skala kecil kegiatan *continues improvement* untuk memperpendek siklus kerja, menghapuskan pemborosan di tempat kerja dan produktivitas. Sementara *DMAIC* akan lebih powerfull dalam hal menghilangkan varian output, kestabilan akan mutu, improve yield, situasi yang lebih komplek, struktur penghematan biaya, dan efektivitas organisasi bisnis.

Manfaat dari *PDCA* antara lain :

1. Untuk memudahkan pemetaan wewenang dan tanggung jawab dari sebuah unit organisasi.
2. Sebagai pola kerja dalam perbaikan suatu proses atau sistem di sebuah organisasi.
3. Untuk menyelesaikan serta mengendalikan suatu permasalahan dengan pola yang runtun dan sistematis.
4. Untuk kegiatan *continuous improvement* dalam rangka memperpendek alur kerja.
5. Menghapuskan pemborosan di tempat kerja dan meningkatkan produktivitas.

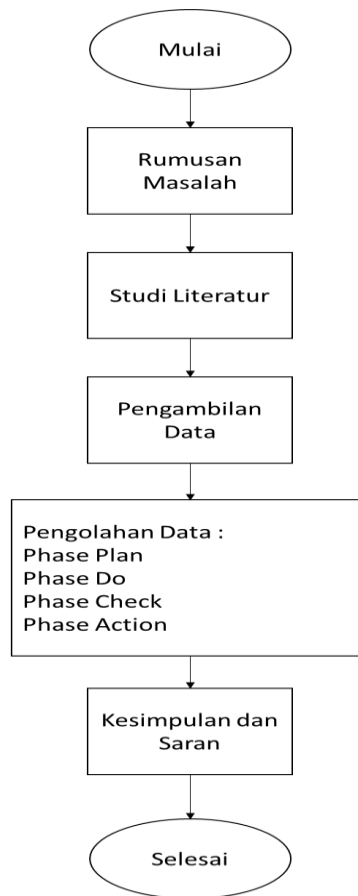
## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dimulai pada uji lab untuk mendapatkan parameter yang tepat sebelum di lakukannya tahap kepada implemantasi di produksi. Penelitian ini lebih memfokuskan metodologi *PDCA* untuk menghasilkan tahapan–tahapan penelitian yang sistematis sehingga hasil penelitian dapat dijadikan salah satu pengambilan keputusan. Alur penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

## **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

### **Tahapan plan**

merupakan tahapan proses standar Acrylic 5000X sebelum pemotongan reaksi dan setelah terjadinya pemotongan reaksi/aging time. Langkah pertama dalam *plan* adalah menentukan



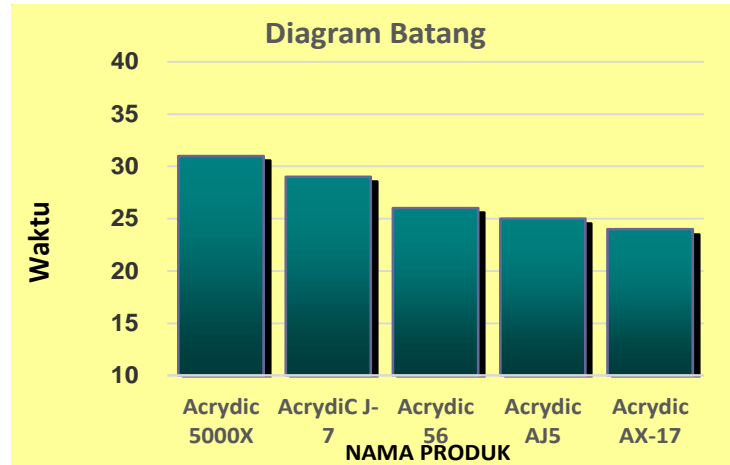
**Gambar 1** Alur Penelitian

masalah yang akan dilakukan perbaikan dalam kaizen menggunakan metode PDCA dalam melakukan Analisa menggunakan diagram batang dan fishbone. Banyaknya produk yang diproduksi di PT PJC dengan waktu proses produksi yang melebihi 15 jam, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

**Tabel 1** Tabel pengecekan manual

No	Nama Produk	Waktu Reaksi	Frekuensi
1	Acrydic AX17	20	24
2	Acrydic AJ5	20	25
3	Acrydic J7	18	29
4	Acrydic 56	20	26
5	Acrydic 5000X	19	31

Dari tabel 1 diakumulatiskan menjadi diagram batang dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini



**Gambar 2** Diagram batang

Maka penilitan ini akan difokuskan pada product Acrylic 5000X dikarenakan frekuensinya yang tinggi, selanjutnya dilakukan Analisa waktu reaksi product acrylic 5000X menggunakan diagram fishbone. Seperti dibawah ini:



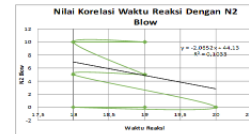
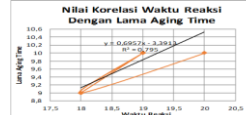
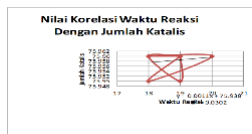
**Gambar 3** Fishbone

Dari Analisa Diagram Tulang Ikan (*fishbone*) di dapat 4 calon penyebab dominan yaitu Masalah pada suhu, Masalah katalis, Masalah aging time, Masalah N2 blow. Dalam Analisa masalah lanjutan didapat 4 faktor dari diagram fishbone yaitu faktor suhu reaksi, faktor Katalis, faktor aging time, dan faktor N2 blow. Dari ke empat faktor tersebut akan dilakukan trial pada masing masing faktor, bertujuan untuk mendapatkan faktor masalah terbesar, ini adalah hasil trial dari percobaan:

**Tabel 2 Percobaan**

Percobaan n No. Lot	Temp		Jumlah Katalis		Aging Time		N2 Blow	
	C	Time (Hr)	Gr	Time (Hr)	AGT (Hr)	Time (Hr)	Blow	Time (Hr)
P398	110	19	74.99	19	10	19	0	19
P397	109	18	73.96	18	9	18	0	18
P396	109	20	75.96	20	10	20	0	20
P395	110	18	76.96	18	9	18	5	18
P394	110	19	74.96	19	10	19	5	19
P393	109	19	75.96	19	10	19	5	19
P392	110	19	75.96	19	10	19	5	19
P391	110	18	77.96	18	9	18	10	18
P391	110	19	75.96	19	10	19	10	19
P390	109	19	75.96	19	10	19	10	19
P398	110	18	74.96	18	9	18	10	18

Result



Syarat

 $R \leq 0.714$  : tidak berpengaruh pada waktu reaksi. $R \geq 0.714$  : berpengaruh pada waktu reaksi

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai korelasi  $R^2 = 0.1118$  ( $r = 0.3344$ ) atau kurang dari  $r \leq 0.714$  maka faktor suhu tidak berpengaruh pada waktu reaksi

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai korelasi  $R^2 = 0.0302$  ( $r = 0.1737$ ) atau kurang dari  $r \leq 0.714$  maka faktor katalis tidak berpengaruh pada waktu reaksi.

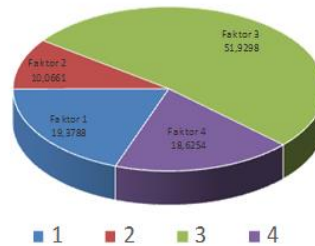
Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai korelasi  $R^2 = 0.795$  ( $r = 0.816$ ) atau lebih dari  $r \leq 0.714$  maka faktor aging time berpengaruh pada waktu reaksi.

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai korelasi  $R^2 = 0.1033$  ( $r = 0.3214$ ) atau kurang dari  $r \leq 0.714$  maka faktor katalis tidak berpengaruh pada waktu reaksi

Dari keempat percobaan terhadap suhu, katalis, aging time dan N2 blow dapat disimpulkan dengan diagram pie dan tabel berikut:

**Tabel 3 kesimpulan percobaan**

	Nilai Kolerasi	% Kolerasi
Faktor 1	0.3344	19.3788
Faktor 2	0.1737	10.0661
Faktor 3	0.8961	51.9298
Faktor 4	0.3214	18.6524
Total	1.7256	100%

**Gambar 4** Diagram Pie

Nilai % kolerasi yang paling tinggi adalah faktor 3 yaitu, Aging Time Terlalu Lama. Maka selanjutnya akan dilakukan langkah perbaikan. Dari hasil Analisa masalah lanjutan didapatkan bahwa faktor yang mempengaruhi dalam reaksi adalah faktor aging time, Dalam melakukan langkah perbaikan maka dibuat langkah perbaikan dengan menggunakan metode 5W+1H.

**Tabel 4** Susunan Langkah Perbaikan (Technical Departement)

<b>WHY ?</b>	Proses reaksi Acrylic 5000X terlalu lama
<b>WHAT ?</b>	Memperpendek waktu reaksi
<b>WHERE ?</b>	Untuk trial : percobaan akan dilakukan di Technical yang kemudian akan diproduksi
<b>WHEN ?</b>	Perbaikan akan dilaksanakan pada bulan Januari sampai Mei 2018
<b>WHO ?</b>	1. Flask test : Darusman Effendi
	2. Aplikasi : M roy Marwanto
	3. Aplikasi cek: Lastri Herlina
	4. Analysis check : Entin Mulyasari
	5. Kontrol Produksi : Salamulloh
	6. Administrasi Formula : Ratna Yulianti
<b>HOW ?</b>	Skenario perbaikan yang akan dilakukan adalah menghasilkan reaksi cepat

Dari calon penyebab dominan tersebut maka perbaikan dilakukan pada penelitian untuk mendapatkan reaksi yang lebih cepat pada produk acrylic 5000X.

### Tahapan Do

dimana Setelah menyusun langkah perbaikan maka selanjutnya dilakukan tindakan perbaikan yaitu dengan mengurangi aging time dalam proses perbaikan.

1. Data proses reaksi sebelum dilakukan pemendekan reaksi.

Tabel 5 dibawah ini adalah hasil produk acrylic 5000X sebelum dilakukannya perbaikan pemendekan reaksi.

**Tabel 5** Data Proses Produksi Acrylic 5000X di bagian Produksi Plant C

No Lot	P398	P397	P396	P395	P394	P393	P392	P391	P391	P390	P398
Waktu Reaksi	19	18	20	18	19	19	19	18	19	19	18
Aging Time	10	9	10	9	10	10	10	9	10	10	9

2. Proses perbaikan, dilakukan percobaan selama 3 kali. yang berfokus pada aging time, dari 10 jam menjadi 5-5.5 jam seperti terlihat pada Tabel 6.

**Tabel 6** Data Proses Perbaikan

	PERCOBAAN 1	PERCOBAAN 2	PERCOBAAN 3
Tugas	Memperpendek Aging Time Dari 10 jam ke 5,5 Jam	Confrom Percobaan 1	Re-Conform Percobaan 1 & 2
Pelaksana	Muhammad Roy M		
Waktu Pelaksanaan	21-Oktober-2017	20-Nov-17	19-Desember-2017
Bentuk Pelaksanaan	Flask Test	Flask Test	Flask Test
	Jumlah Waktu Reaksi 13,5 jam	Jumlah Waktu Reaksi 13,5 jam	Jumlah Waktu Reaksi 13,5 jam
	Spesifikasi End Point		
Hasil Yang Dicapai	NV : 62,17	NV : 61,27	NV : 61,54
	Vis : Z6 <sup>4</sup> - Z7	Vis : Z6 <sup>3</sup> - Z7	Vis : Z63 - Z7
	Color : <1	Color : < 1	Color : < 1
	Appearance : Clear	Appearance : Clear	Appearance : Clear
	Kesimpulan : INSPEC	Kesimpulan : INSPEC	Kesimpulan : INSPEC

### Tahapan Check

Setelah melakukan langkah do dalam penelitian ini maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengecekan terhadap apa yang telah dilakukan perbaikan. Dan melihat tingkat efisiensi dan penghematan, pada proses perbaikan, dibawah ini adalah evaluasi hasil perbaikan dengan membandingkan waktu dan biaya proses sebelum terjadinya pemendekan reaksi dan biaya proses setelah terjadinya pemendekan reaksi.

1. kualitas hasil perbaikan.

Setelah dilakukan perbaikan didapatkan hasil pada reaksi proses selama 13.5 jam dalam 3 kali percobaan. Dan hasil percobaan tersebut didapatkan inspec/pass. berikut adalah tabel hasil perbaikan yang menunjukkan inspec/pass.

**Tabel 7** kualitas perbaikan

	PERCOBAAN 1	PERCOBAAN 2	PERCOBAAN 3
Tugas	Memperpendek Aging Time Dari 10 jam ke 5,5 Jam	Confrom Percobaan 1	Re-Conform Percobaan 1 & 2
Pelaksana	Muhammad Roy M		
Waktu Pelaksanaan	21-Oktober-2017	20-Nov-17	19-Desember-2017
Bentuk Pelaksanaan	Flask Test	Flask Test	Flask Test
	Jumlah Waktu Reaksi 13,5 jam	Jumlah Waktu Reaksi 13,5 jam	Jumlah Waktu Reaksi 13,5 jam
	Spesifikasi End Point		
Hasil Yang Dicapai	NV : 62,17	NV : 61,27	NV : 61,54
	Vis : Z6 <sup>4</sup> - Z7	Vis : Z6 <sup>3</sup> - Z7	Vis : Z63 - Z7
	Color : <1	Color : < 1	Color : < 1
	Appearance : Clear	Appearance : Clear	Appearance : Clear
	Kesimpulan : INSPEC	Kesimpulan : INSPEC	Kesimpulan : INSPEC



## 2. Penghematan biaya

Penghematan biaya merupakan proses perhitungan biaya produksi acrydic 5000X setelah dilakukan perubahan pemendekan aging time.

**Tabel 8 Total Penghematan**

Deskripsi	Skala Lab			Skala Produksi
	A-5000X # S100	A-5000X #S101	A-5000X# S102	
Production Cost	290 / gr	291 / gr	292 / gr	4277 / Kg
Yield	2000 gr	2001 gr	2002 gr	4000 Kg
Reaction Time	14,5 Hours	14,5 Hours	14,5 Hours	14,5 Hours
Cost production/hours (IDR)	45,000	45,000	45,000	222,000
Cost for 19 Hours (IDR)	855,000	855,000	855,000	218,000
Penghematan				
Cost for 14,5 Hours (IDR)	652,500	652,500	652,500	719,000
Penghematan didapat (IDR)	202,500	202,500	202,500	499,000
Total Penghematan			1,755,000	1,658,000

Berdasarkan data diatas penelitian ini dapat menghemat biaya proses produksi sebesar Rp.5.499.000 pada setiap proses produksi produk Acrydic 5000X.

## Tahapan Action

Setelah melakukan langkah do dan check bahwa proses produksi product Acrydic 5000X dapat menghasilkan penghematan biaya melalui pemendekan reaksi Aging time. Dimana langkah ini adalah membuat standarisasi formula product Acrydic 5000X untuk mendapatkan penghematan biaya dalam proses produksi. Dengan penghematan biaya sebesar Rp.5.499.000 untuk sekali proses produksi product Acrydic 5000X. Berikut tabel spesifikasi parameter produk setelah di standarisasi dengan mengurangi waktu aging time.

**Tabel 9 Spesifikasi parameter**

Exp. No	Formula Standar acrydic 5000x	Percobaan 1, percobaan ke 2 dan percobaan ke 3		
		5000X #S100	5000X #S101	5000X #S102
Reaction Condition				
Temp. (°C)	110 <sup>0</sup> C	110 <sup>0</sup> C	110 <sup>0</sup> C	110 <sup>0</sup> C
Waktu Reaksi	19 jam	13,5 jam	13,5 Jam	13,5 jam
Spesifikasi Resin				
Appearance	Clear	Clear	Clear	Clear
Non – Volatile	44 - 46	44.78	45.5	45.1
Viscosity	U - X	U – V	V - W <sup>4</sup>	V - W
Acid Number	6 ± 1	7.19	6.22	6.35
Colour	1 Max	< 1	< 1	< 1

Dari table 9 diatas didapatkan bahwa product standar acrydic 5000X dengan waktu reaksi normal selama 19 jam, dapat di lakukan perbaikan penghematan waktu sebanyak 5.5 jam.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang Penerapan program Kaizen di PT Pardic Jaya Chemicals, maka diambil kesimpulan :

1. Dari penelitian yang dilakukan, dilihat bahwa proses produksi produk acrydic 5000X belum efisien dan efektif dikarenakan tingginya biaya proses produksi untuk produk acrydic 5000X
2. Penerapan *Kaizen* sudah berjalan dengan baik, terutama pada penerapan untuk mengendalikan budget produk, Seperti yang sudah diamati di bagian *research and development* dengan penghematan biaya sebesar Rp.202.500 dan untuk proses produksi dengan biaya penghematan sebesar Rp.5.499.000

## DAFTAR PUSTAKA

- Darsono, 2013, Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Dalam Upaya Mengendalikan Tingkat Kerusakan Produk, *Jurnal Ekonomi–Manajemen–Akuntansi* No. 35 / Th.XX / Oktober 2013 ISSN:0853-8778.
- Fatkhurrohmah, Arief dan Subawa, 2016, Penerapan Kaizen Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Kualitas Produk Pada Bagian Banbury PT Bridgestone Tire Indonesia. *Jurnal Administrasi Kantor*, 4(1): 14 – 31.
- Fauza, Q., dan Angga Prawira Kautsar. 2018. *Review Artikel: Plan-Do-Check-Act (Pdca) Dalam Meningkatkan Kualitas Pelayanan Kesehatan Di Rumah Sakit*. Farmaka 16 (3): 234 – 243
- Ilham, M. N., 2012, *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Statistical Processing Control (SPC)*, Skripsi, Pada PT. Bosowa Media Grafika,.
- Paramita P.D. 2012. Penerapan Kaizen Dalam Perusahaan. *Jurnal Manajemen*, hal 1-11.
- Puspita D., Ariani, 2013, Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Pendekatan P.D.C.A. (Plan-Do-Check-Act) Berdasarkan Standar Minimal Pelayanan Rumah Sakit Pada Rsud Dr. Adhyatma Semarang, <http://ejournals1.undip.ac.id/Index.Php>, *Diponegoro Journal Of Social And Politic*, Hal. 1-12.
- Schneider, P.D. 1997. FOCUS PDCA ensures continuous qualityimprovement in the outpatient setting. *Oncol Nurs Forum. Chinese Medical Journal*, 128(18): 966.
- Vissers, J.M.H., Bertrand, J.W.M., and De Vries, G. 2001. A Framework for Productioncontrol in Health Care Organizations. *Prod Plan Control*, 12: 591–604.
- Waring, T. and Wainwright, D. 2002. Communicating the complexity of computer-integrated operations. An innovative use of process modelling in a North East hospital Trust. *Int J Operation Product Manage*, 22: 394–41.